

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-233522

(43)Date of publication of application : 13.09.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

(21)Application number : 07-039618

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 28.02.1995

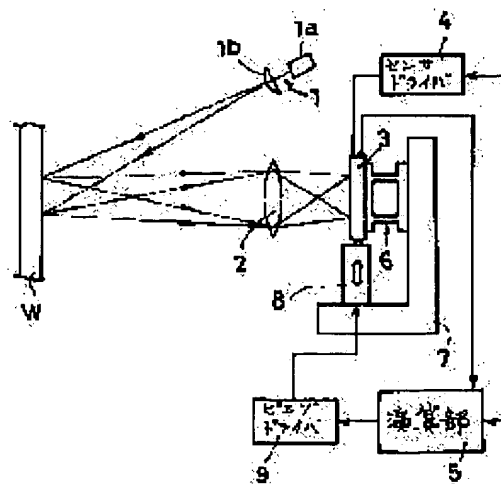
(72)Inventor : KAMEGAWA MASAYUKI

## (54) NON-CONTACT DISPLACEMENT GAGE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a displacement information with resolution finer than the arranging pitch of each element of an image sensor by synthesizing two frame data by using a plurality of the frame data obtained at every movement of the image sensor.

**CONSTITUTION:** On the surface of a sample W to be measured, the laser light from an illuminating optical system 1 is cast. An image of the scattered light from this surface is formed on the light receiving surface of an image sensor 3 by a condenser lens 2. The output of the sensor 3 is transferred into an operating part 5 including A-D converter for every data of one frame. The operating part 5 accepts the transfers of the frame data four times at time t1-t4. The four frame data are used, and one frame data having the space resolution of 1/4 of the arranging pitch of the elements of the sensor 3 is synthesized. In the operating part 5, the frame data having the high resolution are used, and the mutual correlation for every data, wherein a constant interval is provided, is operated. The moving amount of a speckle pattern during this period is computed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

Best Available Copy

rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-233522

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 B 11/00

技術表示箇所

F  
G

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平7-39818

(22) 出願日

平成7年(1995)2月28日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 亀川 正之

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所三条工場内

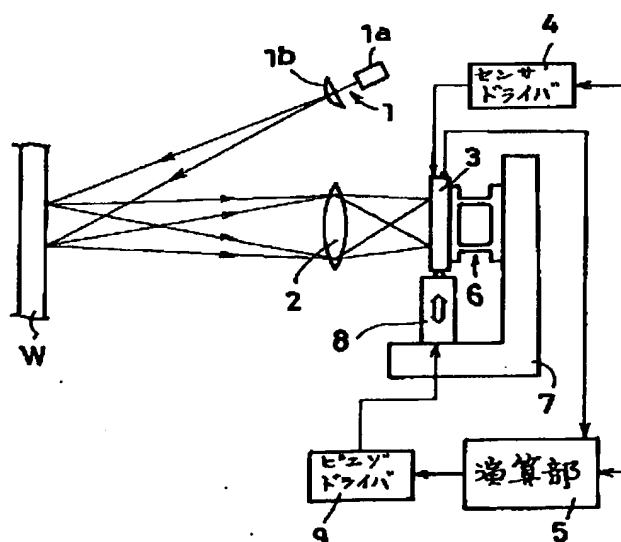
(74) 代理人 弁理士 西田 新

(54) 【発明の名称】 非接触変位計

(57) 【要約】

【目的】 イメージセンサの素子の配列ピッチより細かい空間分解能のスペックルパターンデータを得て、より高分解能の変位情報を得ることのできる非接触変位計を提供する。

【構成】 イメージセンサ3の1フレーム分の出力を演算部5に取り込むごとに、このイメージセンサ3を素子の配列ピッチよりも細かい距離ずつ移動させるとともに、その各移動ごとの位置で得られる複数のフレームデータから1つのフレームデータを合成することにより、素子の配列ピッチよりも空間分解能の高いスペックルパターンデータを得て、その合成後のデータからスペックルパターンの移動量を算出することで、高分解能の変位情報を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定試料にレーザ光を照射する手段と、そのレーザ光の被測定試料からの散乱光を受光する複数の素子からなるイメージセンサと、そのイメージセンサからの出力を用いて、散乱光に含まれるスペックルパターンの刻々の移動量を算出することにより被測定試料の変位情報を得る演算手段を備えた変位計において、上記イメージセンサの1フレーム分の出力を取り込むごとに、当該イメージセンサを、計測すべき変位方向に素子の配列ピッチよりも細かい距離ずつ移動させる手段を有し、上記演算手段は、その移動ごとの位置で得られるフレームデータの複数個を用いて1つのフレームデータを合成し、その合成結果を上記移動量の算出に供することを特徴とする非接触変位計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、被測定試料にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、非接触のもとに被測定試料の変位情報を得る変位計に関する。

【0002】なお、本発明で言う変位情報とは、被測定試料の1点における変位情報のほかに、例えば材料試験機等における試験片の伸び等、被測定試料の2点での変位量に基づく伸縮量等をも含む。

## 【0003】

【従来の技術】被測定試料の表面にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、その試料の変位情報（変位あるいは伸び等）を非接触のもとに測定する方法が知られている。

【0004】このスペックルパターンを利用して変位情報を得る場合、基本的には、被測定試料表面からのレーザ光の散乱光を1次元イメージセンサによって光電変換してスペックルパターンに応じた電気信号を刻々と得るとともに、その刻々の信号の相互相関関数を求めることにより、スペックルパターンの移動量を求め、そのスペックルパターンの移動量から試料の変位情報を得る。

【0005】ここで、スペックルパターンを利用したこの種の測定にあつては、被測定試料の1点でのスペックルパターンの移動量からはその点の変位量が得られ、また、同じく2点でのスペックルパターンの移動量の差からその2点間の伸びまたは縮み量を得ることができる。更に、被測定試料の同一点に対して表面法線を挟んで互いに対称な角度で2本のレーザビームを照射し、それぞれのビームが作るスペックルパターンの移動量の差を求め、あるいは、被測定部位に対して1本のレーザビームを照射してその散乱光を2方向で観察し、各観察点で同様にして得られたスペックルパターンの移動量の差を求めることにより、被測定試料の歪み量ないしは変形量を求めることができる等、具体的な測定手法としては種々の変形がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、被測定試料からの散乱光を1次元イメージセンサで受光して、スペックルパターンデータを得る場合、その空間分解能はイメージセンサの素子の配列ピッチで決まる。従って、スペックルパターンの移動量から変位情報を得る変位計において、イメージセンサの出力をそのまま用いたのでは、得られる変位情報の空間分解能はイメージセンサの各素子の配列ピッチよりも細くなることはない。ここで、ガウス近似等を用いてイメージセンサの各素子からの出力を補間することにより、分解能を10倍程度にまで向上させることができるが、それにも限界がある。

【0007】本発明の目的は、補間によることなく、イメージセンサの各素子の配列ピッチよりも細かい分解能のスペックルパターンデータを得ることができ、また、補間との併用によって、従来のスペックルパターンを利用した変位計に比して大幅に高分解能の変位情報を得ることのできる非接触変位計を提供することにある。

## 【0008】

20 【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の非接触変位計は、被測定試料にレーザ光を照射する手段と、そのレーザ光の被測定試料からの散乱光を受光する複数の素子からなるイメージセンサと、そのイメージセンサからの出力を用いて、散乱光に含まれるスペックルパターンの刻々の移動量を算出することにより被測定試料の変位情報を得る演算手段を備えた変位計において、イメージセンサの1フレーム分の出力を取り込むごとに、当該イメージセンサを、計測すべき変位方向に素子の配列ピッチよりも細かい距離ずつ移動させる手段を有し、演算手段は、その移動ごとの位置で得られるフレームデータの複数個を用いて1つのフレームデータを合成し、その合成結果を上記移動量の算出に供することによって特徴づけられる。

## 【0009】

【作用】イメージセンサを移動させると、その移動前後ではイメージセンサへの散乱光の入射位置がその移動量に応じて変化する。その移動距離を素子の配列ピッチ $d$ よりも細かい距離、例えば $d/4$ とすると、各素子には、その移動前後において距離 $d/4$ だけ受光面上でずれた位置の散乱光が入射する。

30 【0010】1フレーム分のデータを取り込むごとにこのような微小距離 $d/4$ ずつ移動させると、各フレームデータは空間的に $d/4$ だけずれたデータとなる。このようなフレームデータを4個用いることにより、図3に模式的に示すように、素子の配列ピッチの $1/4$ の空間分解能を持つフレームデータが得られる。

40 【0011】ここで、イメージセンサの移動のインターバル、換言すればイメージセンサのフレームレートを、被測定試料の変位速度に比して十分速くすることで、合成後のフレームデータは殆ど被測定試料の変位に影響さ

れることはない。

#### 【0012】

【実施例】図1は本発明実施例の構成を示す模式図である。被測定試料Wの表面には、半導体レーザ1aおよびシリンドリカルレンズ1bからなる照射光学系1からのレーザ光が照射される。このレーザ光の被測定試料Wの表面からの散乱光は、集光レンズ2によってイメージセンサ3の受光面に結像される。

【0013】イメージセンサ3は例えば2000チャンネルの1次元イメージセンサであって、その各素子の配列ピッチはdである。このイメージセンサ3は、センサドライバ4から供給されるスタートパルスおよび転送クロックによって動作し、その出力は、スタートパルスの周期に応じて定まるフレームレートのもとに、1フレーム分のデータごとに、A-D変換器を含み、かつ、コンピュータを主体とする演算部5に転送される。ここで、イメージセンサ3のフレームレートは、被測定試料Wの変位の速度に比して十分に速いものとする。

【0014】イメージセンサ3は、例えば平行バネ等を用いたいわゆるロバール機構6を介して架台7に支承されており、その変位の方向が、被測定試料Wの変位方向である鉛直方向のみに規制されているとともに、このイメージセンサ3の下面は、鉛直方向に変位するピエゾアクチュエータ8に当接している。そして、このピエゾアクチュエータ8は、演算部5から供給される指令に従って動作するピエゾドライバ9からの電圧信号によって駆動制御される。

【0015】以上の構成において、ピエゾアクチュエータ8は、ピエゾドライバ9からの駆動電圧により、図2にタイムチャートを示すように、イメージセンサ3のフレームデータの演算部4への転送タイミング $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ...に同期して、イメージセンサ3の素子の配列ピッチdの1/4に相当する距離だけ上方に変位するとともに、その上方への変位が3回連続した後は、距離3d/4だけ下方へ変位する、という動作を繰り返す。これにより、イメージセンサ3は、フレームデータを転送することに、距離d/4ずつ3回連続して上方に移動した後、次のフレームデータを転送する際には3d/4だけ下方に移動することになる。

【0016】以上の動作により、演算部5は時刻 $t_1 \sim t_4$ において、4回のフレームデータの転送を受けることになるが、演算部5では、これらの4つのフレームデータを用いて、イメージセンサ3の素子の配列ピッチdの1/4の空間分解能を持つ1つのフレームデータを合成する。すなわち、この $t_1 \sim t_4$ に転送された各フレームデータは、イメージセンサ3の各素子の位置がd/4ずつずれたデータであるから、これらの4つのフレームデータを用いて、図3に模式的に示すように各素子からのデータを組み合わせることによって、各素子の配列ピッチdの1/4の空間分解能を持つ1つのフレームデ

ータを得ることができる。イメージセンサ3のチャンネル数が前記したように2000であったとすると、以上の合成によって8000チャンネルからなるフレームデータが得られることになる。

【0017】そして、演算部5は、以上のような合成により高分解能のフレームデータを用いて、一定の間隔を開けたデータごとの相互相関を演算し、この間におけるスペックルパターンの移動量を算出する。この算出結果は被測定試料Wのレーザ光の照射位置の変位情報を表すことになる。そして、このようにして得られた変位情報は、イメージセンサ3の素子の配列ピッチがdであるにも係わらず、その空間分解能はd/4となる。また、以上のようにして合成したフレームデータを更に補間演算することにより、例えばd/40程度の空間分解能を持つ変位情報が得られる。

【0018】ここで、本発明は、以上の実施例のほか、イメージセンサの1フレーム分の出力を取り込むごとにこのイメージセンサを移動させる手段の実施の態様として、イメージセンサの変位を検出するための変位センサを別途設けるとともに、その変位センサの出力を用いたクローズドループ制御のもとに、イメージセンサの移動を制御する態様と、更に、その変位センサに代えて、イメージセンサの各チャンネルのうち、散乱光の受光に供していない余分な複数のチャンネルを用い、これらのチャンネルに対して、固定された光源からの光を照射し、その各チャンネルの出力を補間演算することによってその照射光のピーク位置を算出し、その算出結果をイメージセンサの位置の検出結果として用いたクローズドループ制御のもとに、イメージセンサの移動を制御する態様とを採用することができる。

【0019】このようなクローズドループ制御の採用により、イメージセンサの移動量をより正確なものとしことができ、ひいては被測定試料Wの変位情報をより正確なものとしすることができる。

【0020】図4および図5は、クローズドループ制御によってイメージセンサ3の移動を制御した例を示す要部の模式的構成図である。図4の例では、架台7に変位センサ10を固定し、この変位センサ10によってイメージセンサ3の位置を検出して、その検出出力を増幅器11を介してピエゾドライバ9にフィードバックしている。この構成において、変位センサ10の分解能をイメージセンサ3の素子の配列ピッチdに比して十分に高くしておくことにより、イメージセンサ3を素子の配列ピッチdの1/10等の極微量ずつ正確に移動させることが可能となり、合成後の空間分解能は大きく向上する。

【0021】図5の例は、上記のように別途変位センサを設けることなく、イメージセンサ3をクローズドループ制御のもとに移動させるようにした例である。すなわち、イメージセンサ3の各チャンネルのうち、被測定試

10

20

30

40

50

料Wからの散乱光の受光に供しない余分な数十チャンネルを変位モニタ用のチャンネル群として、これらの複数のチャンネルに跨がるように、固定されたLEDや半導体レーザ等の光源12からの光を照射している。そして、この変位モニタ用のチャンネル群の出力を演算部5に取り込み、ここで補間演算することによって光源12からの照射光のピーク位置を求める。このピーク位置は、補間によってイメージセンサ3の素子の配列ピッチdの1/10程度の分解能のもとに検出できるため、このピーク位置の変化をイメージセンサ3の変位検出結果として、ピエゾドライバ9にフィードバックしている。このような構成によっても、オープンループ制御の場合に比してイメージセンサ9の移動量をより正確なものとする事ができる。

【0022】さて、以上の各例では、イメージセンサを微小量ずつ移動させることによって空間分解能を向上させているが、この場合、移動距離を素子の配列ピッチdの1/Nとしたとき、相関関数の演算に供するための合成後のフレームデータは、実際のフレームデータをN回採取すること得られることになる。これは、実際のフレームデータをそのまま相関関数の演算に供する従来のこの種の変位計に比して、イメージセンサのフレームレートが一定であれば、時間分解能が1/Nに低下することを意味する。高速の現象を刻々と捕らえる必要がある場合には問題となることもある。

【0023】そこで、本発明の技術的思想の応用として、イメージセンサに入射させるべき散乱光を、ビームスプリッタで複数の方向に分離して導き、かつ、分離した散乱光をそれぞれの方向に配置した個別のイメージセンサで受光するとともに、その各イメージセンサを、分離後の各散乱光に対して、計測すべき変位方向に各素子の配列ピッチよりも細かい距離だけずらした配置とし、その各イメージセンサのフレームデータを上記の例と同様に合成して、スペックルパターンの移動量の算出に供する構成を採用することができる。その要部の構成例を図6に模式的に示す。なお、この図6では、被測定試料Wの変位方向は紙面に直交する方向であり、その方向に各イメージセンサ3a~3cの素子が並んでいるものとする。

【0024】被測定試料Wからの散乱光は、レンズ20によってほぼ平行な光束に変換された後、ビームスプリッタ21によって、直進するものと90°曲げられるものとは分離される。そして、このうち直進した光束は、更にビームスプリッタ22によって再び直進するものと90°曲げられるものとは分離される。そして、このようにして3つに分離された光束は、それぞれ集光レンズ2a、2b、2cによって、互いに同じ型式の個別のイメージセンサ3a、3b、3cの受光面上に結像される。

【0025】各イメージセンサ3a、3b、3cは、入

射光に対して、被測定試料Wの計測すべき変位方向に対応する方向、図6の例では紙面に直交する方向に、各イメージセンサ3a、3b、3cの素子の配列ピッチdの1/3の距離ずつずらしてある。

【0026】以上の構成によると、被測定試料Wからの散乱光は3つのイメージセンサ3a、3bおよび3cによって同時に受光され、しかも、これらの各イメージセンサから同時に出力されるフレームデータは、イメージセンサ3a、3b、3cの各素子の位置が計測すべき変位方向に対応する方向にd/3ずつずれたデータであるから、前記した図3の合成方法と同等の思想のもとに、これらの3つのフレームデータを組み合わせることによって、各素子の配列ピッチdの1/3の空間分解能を持つ1つのフレームデータを得ることができる。このようにして合成したフレームデータを相関関数の演算に供することにより、先の各例と同等の作用効果を奏することができる。

【0027】しかも、この構成において注目すべき点は、イメージセンサの素子の配列ピッチよりも細かい距離だけ相対的に位置がずれたフレームデータが、同時に得られる点である。従って、この構成によると、各イメージセンサ3a~3cからそれぞれ1つの実際のフレームデータが転送されるごとに、素子の配列ピッチよりも細かい分解能を持つフレームデータを合成することができ、時間分解能が低下することがない、という利点がある。

【0028】なお、図6では散乱光を3方向に分離して3つのイメージセンサで受光した例を示したが、分離およびイメージセンサの数は任意であり、用いるイメージセンサの数をn、その素子の配列ピッチをdとすれば、これらのイメージセンサを相対的にd/nずつずらすことによって、上記と同等の作用効果を奏することができる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、被測定試料からの散乱光を受光してスペックルパターンデータを得るためのイメージセンサを、演算部に1フレーム分の出力を取り込むごとに、計測すべき変位方向に素子の配列ピッチよりも細かい距離ずつ移動させ、その移動ごとの位置で得られるフレームデータの複数個を用いて1つのフレームデータを合成することにより、素子の配列ピッチよりも空間分解能の高いスペックルパターンデータを得て、その合成後のデータを用いてスペックルパターンの移動量を算出するから、イメージセンサの各素子の配列ピッチよりも細かい分解能の変位情報を得ることができ、従来のこの種の変位計で常用されている補間演算との併用によって、従来よりも大幅に高分解能の変位情報が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の構成を示す模式図

7

8

【図2】本発明実施例の各部の動作タイミングを示すタイムチャート

【図3】本発明実施例によるフレームデータの合成の仕方の模式的説明図

【図4】本発明の他の実施例の要部構成を示す模式図

【図5】本発明の更に他の実施例の要部構成を示す模式図

【図6】本発明の更にまた他の実施例の要部構成を示す模式図

【符号の説明】

1 照射光学系

1 a 半導体レーザ

1 b シリンドリカルレンズ

2 集光レンズ

3 イメージセンサ

4 センサドライバ

5 演算部

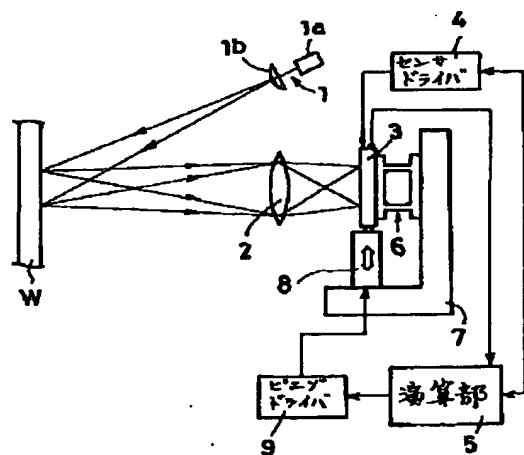
6 ロバーバル機構

7 架台

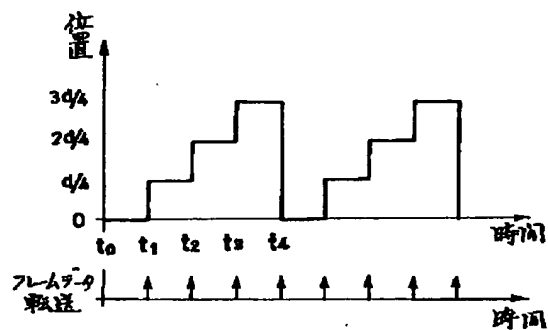
8 ピエゾアクチュエータ

10 9 ピエゾドライバ

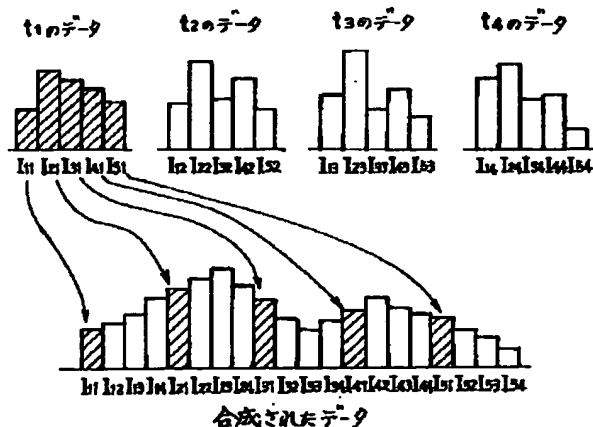
【図1】



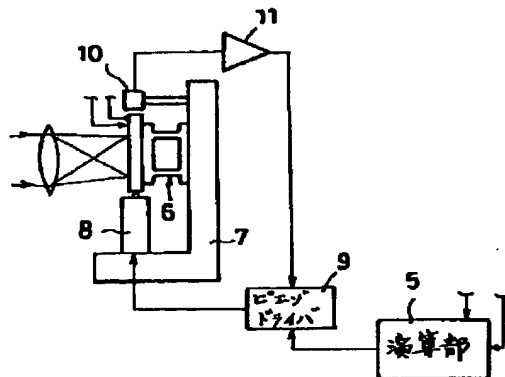
【図2】



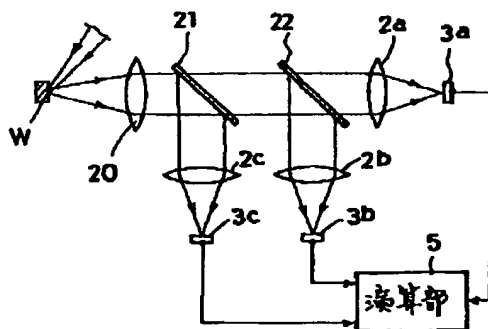
【図3】



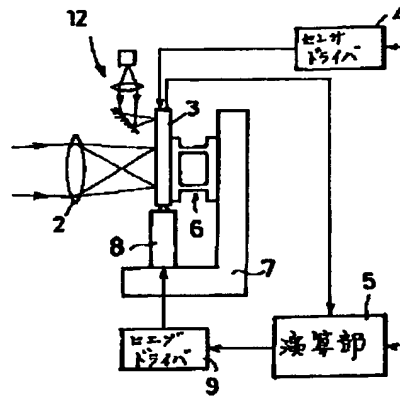
【図4】



【図6】



【図5】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**